

# 以整體區域概念探討山坡地土地可利用限度分類之研究

王兆文<sup>[1]\*</sup> 鄒佩蓉<sup>[2]</sup> 沈哲緯<sup>[3]</sup> 姜燁秀<sup>[2]</sup>

**摘要** 民國 65 年公布山坡地保育利用條例，以規範山坡地範疇。為有效管理山坡地農地資源狀況，乃訂定「山坡地土地可利用限度分類標準」，以地籍為單位進行平均坡度、土壤有效深度、土壤沖蝕程度及母岩性質等 4 項因子之量測，綜合查定結果區分為宜農牧地、宜林地及加強保育地。惟以地籍為單位進行查定作業，可能出現部份宜農牧地之土地，因坡度陡峭本應實施保育工作，卻仍作農耕行為之不合理現象，本研究嘗試以具有地形邊界之斜坡單元搭配三級坡以下範圍進行核密度作為分析之邊界，並以區域概念查定進行山坡地土地可利用限度之分級。完成區域概念查定之山坡地土地可利用限度分類圖後，探討現行查定與區域概念查定之差異性分析。結果顯示，斜坡單元搭配核密度分析可有效解決山坡地土地可利用限度分級過於破碎之現象，且嘉義縣市山坡地範圍內現行查定與區域概念查定之山坡地土地可利用限度分級進行差異分析，得知吻合度達約 75%，再評估現行查定地籍在套疊區域概念查定成果不同閾值下地籍改判之筆數，做為機關未來實施區域概念查定分級之影響評估。

**關鍵詞：**核密度、斜坡單元、區域概念

## Limitation Classification of Slopeland Utilization Based on Regional Concept

Chao-Wen Wang<sup>[1]\*</sup> Pei-Rong Tsou<sup>[2]</sup> Che-Wei Shen<sup>[3]</sup> Yeh-Hsiu Chiang<sup>[2]</sup>

**ABSTRACT** To strengthen slopeland conservation, the Classification Standard of Slopeland Utilization Limitations was promulgated in 1976. Based on average slope, soil depth, soil erosion degree, and parent rock, this standard classified slopelands into land suitable for agriculture and animal husbandry, land suitable for forestry purposes, and land subject to strengthened conservation on one single cadastre that leads to the fragmentary of Limitation Classification of Slopeland Utilization (LCSU) results. We aimed to establish a regional concept for the LCSU method, which combined the slope unit and KDE of flat land (average slope < 30%). The results revealed that the proposed regional concept for the LCSU method avoided the LCSU fragmentation. Cadastres of slopeland in Chiayi County were in agreement with the regional concept for the LCSU with a fitness of >75%. An amending assessment was also conducted to adapt the regional concept for the LCSU under different thresholds.

**Key Words:** Kernel Density, Slope Unit, Regional Concept

### 一、前言

政府為推廣山坡地土地合理利用及水土資源保育，於 1976 年公布山坡地保育利用條例，以規範山坡地範疇（行政院農業委員會，1976、1977）。為有效管理山坡地農地資源狀況，參酌美國農業部自然資源保育署（USDA-NRCS）補助各州訂定農地土地能力評估因子（David et al., 2003；Francis, 2006；Jeff, 2007；Lin et al., 2010；NRCS, 2009）選定平均坡度、土壤有效深度、土壤沖蝕程度及母岩性質等 4 項因子，訂定「山坡地土地可利用限度分類標準」（行政院農業委員會，

1995），並以地籍為單位進行量測，綜合評估土地之查定分類，區分為宜農牧地、宜林地及加強保育地。然而依現行查定規定，以單一地籍土地個別評估，因土地合併分割頻繁，使農地破碎情形更為嚴重（王兆文等，2013），故本研究以跳脫單一土地查定之概念，以區域概念查定進行山坡地土地可利用限度查定之可行性評估（Atalay, 2016；Wang et al., 2017）。研究範圍為嘉義縣、嘉義市，研究方法先運用 DEM 建立斜坡單元作為區域概念查定之最大分析邊界，再針對該單元內平均坡度三級坡以下之範圍進行核密度分析為區域概念查定之最小邊界，其餘部份依平均坡度、土壤有效深度、土壤沖蝕程度及母岩性質等因

[1] 文騰技術顧問有限公司  
WenTeng. Technology Consultants.Co. Ltd.

[2] 行政院農業委員會水土保持局  
Soil and Water Conservation Bureau, Council of Agriculture, Executive Yuan, Nantou, Taiwan, R.O.C.

[3] 興創知能股份有限公司  
ThinkTron. Ltd.

\* Corresponding Author. E-mail: a0923812432@gmail.com

子進行分析，進而建立以區域概念查定分級之嘉義縣、嘉義市山坡地土地可利用限度分類圖。

## 二、研究方法

為考量查定區域整體性，本研究以嘉義縣、嘉義市為研究區域，並採以具有地形概念之斜坡單元作為最大分析邊界，以解決地形邊界上問題，惟斜坡單元內平緩與陡峭之地貌變化，亦會產生現行查定之宜農牧地夾雜零星宜林地，或宜林地夾雜零星宜農牧地之現象。查現行「山坡地土地可利用限度分類標準」，坡度等級在一級坡至三級坡之土地無需考量土壤有效深度、土壤沖蝕程度及母岩性質，逕判為宜農牧地，故本研究將斜坡單元內篩選坡度等級在三級坡以下之範圍進行核密度分析，以分離斜坡單元內平坦之區域，餘部分則參考水土保持局運用圖資辦理山坡地土地可利用限度查定分類作業程序萃取平均坡度、土壤有效深度、土壤沖蝕程度及母岩性質等因子進行山坡地土地可利用限度分級，研究流程圖如圖 1 所示。

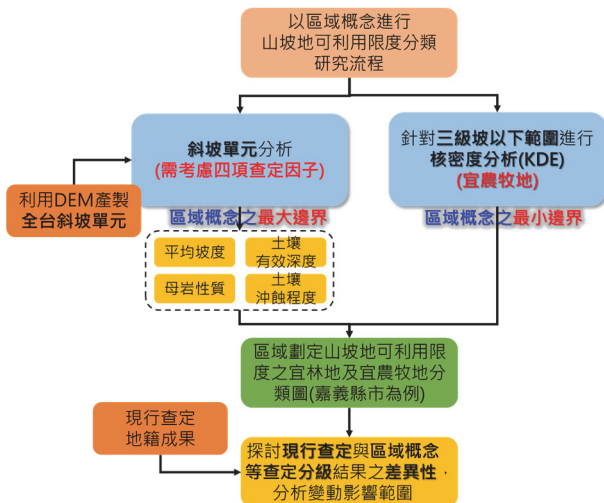


圖 1 研究流程圖

Fig.1 Flow chart of the study

### 1. 斜坡單元萃取及分析：

本研究以集水區重疊法進行斜坡單元之劃分，主要先以數值地形進行集水區分析，將數值地形 (DEM) 高低值反轉後，產生反地形，再進行集水區分析，則原水系可反轉為稜線，並與鄰近的水系聯合成反轉後的集水區 (Xie et al., 2004)。透過 ArcGIS 的 Hydrology 模組功能，將原集水區分割為左右兩斜坡單元，生產合適且客觀的斜坡單元，合併產製斜坡單元之工作流程成果圖如圖 2。

### 2. 核密度原理及分析：

核密度主要建立均勻網格，以每個網格中心點透過搜尋半徑方式建立其搜尋範圍，估算事件點為在空間上出現的密度，可用來表示事件發生群聚的強度。通常採用建立核心密度分配的方式推估，其數學關係式如下：

$$f(x) = [1/(nh^2)] \sum_{i=1}^n K \left\{ \frac{x-x_i}{h} \right\} \quad (1)$$

其中  $f(x)$ ：表示 Kernel 估算出之函數密度值； $n$ ：表示資料點的數量； $h$ ：表示搜尋半徑； $x$ ：表示座標向量； $x_i$ ：在第  $i$  各位置時其座標向量。

當密度函數值越大時，代表有越多點聚集現象。同時可計算各點間的相對應強度，透過權重值方式，距離固定點越遠則權重越小，並估算不同參考距離範之密度，同時可將離散不連續的點分佈轉換為點位發生群聚強度的連續變化的曲面 (如圖 3)。

本研究將 1x1m 規格網格之 DEM，萃取計算平均坡度小於 30% 以下之範圍當作核密度分析之輸入檔，並利用 GIS 軟體 (System for Automated Geoscientific Analyses, SAGA) 進行運算，Points 為欲分析核密度估計之網格點位；Radius 為核密度分析之搜尋半徑 ( $h$ )；Kernel 則為核密度函式，其餘維持預設值。分析計算之機率密度分依照標準差為 6 個等級為 <-2.5 倍標準差、-2.5~1.5 倍標準差、-1.5~0 倍標準差、0~1.5 倍標準差、1.5~2.5 倍標準差、>2.5 倍標準差，核密度計算之成果如圖 4。

### 3. 平均坡度因子分析：

參考水保局「山坡地土地可利用限度查定因子分析及現地複查參考作業手冊」(行政院農業委員會水土保持局，2012)，採用 ESRI ArcGIS 作為後續分析平均坡度之程式，計算過程則參考 Wilson & Gallant (2000) 建議之經驗公式，建立 3x3 網格計算網格中心平均坡度值，透過空間分析萃取每一地籍平均坡度值，再依據山坡地土地可利用限度分類標準六級坡分級標準，其成果如圖 5。

### 4. 土壤有效深度因子分析：

地形為反映土壤有效深度之重要因子外，地表之植生覆蓋程度對土壤深度亦有極大關係，在植生現況生育良好之邊坡，因抗沖蝕能力較強，土壤不易流失，因此可儲存較深之土壤深度 (Lin et al., 2017)，乃採用植生指標 (Normalized Difference Vegetation Index, NDVI) 萃取地覆變化 (林昭遠等，2016a；林家弘等，2016；林昭遠等，2016b) 及地形濕度指數 (Topographic Wetness Index, TWI)(Wilson and Gallant, 2000) 等作為「土壤深度指標」，故本研究以水土保持局之山坡地土壤圖為主，透過套疊分析取得土壤有效深度資訊。但無資料者，乃透過「土壤深度指標」，亦指植生指標 (NDVI) 及地形濕度指數 (TWI)，分析輔助推估土壤有效深度，其成果如圖 6。

### 5. 土壤沖蝕程度因子分析：

依山坡地土地可利用限度分類標準規定，土壤沖蝕程度係依土地表面所呈現之沖蝕徵狀決定之，由於現場量測不易，判定結果往往受現場查定人員不同而影響。故本研究依據水土保持局運用圖資辦理山坡地土地可利用限度查定分類作業程序，採用土地利用圖進行分類，土地利用與土壤沖蝕程度之對照表如表 1，萃取土地利用現況種類分析完成土壤沖蝕程度分級圖，如圖 7。

表 1 山坡地土地利用與土壤沖蝕程度之對照表

Table 1 Comparison of slopeland use and soil erosion degree

土壤沖蝕程度等級	土地利用現況種類
嚴重	礦業、裸露地、土石採集場
中等	落葉果樹、水田、旱田、檳榔、竹林、茶園、草荒地
輕微	常綠果樹、緻密草生地、闊葉林、針葉林、混淆林、雜木林

(資料來源：水土保持局)

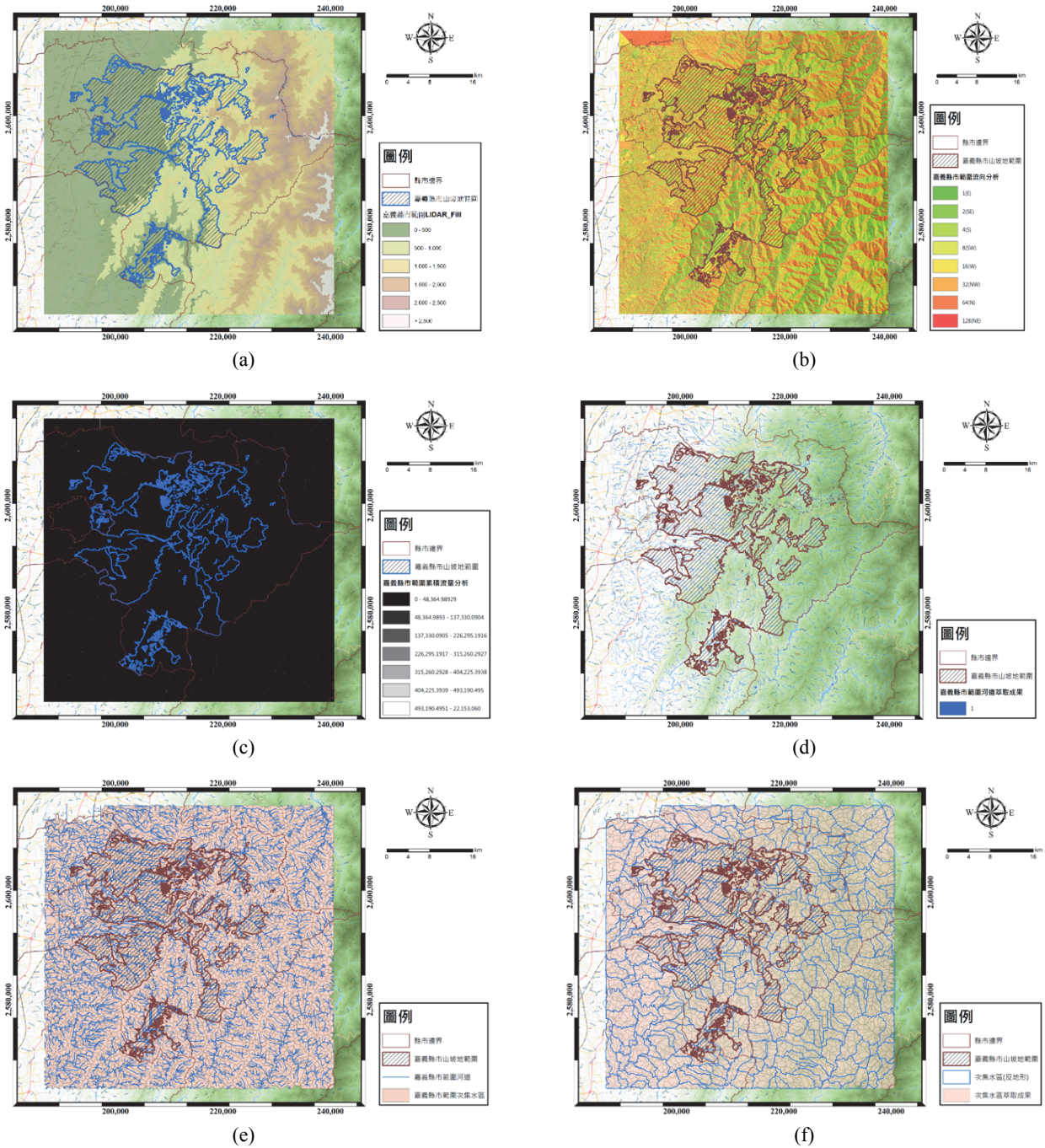
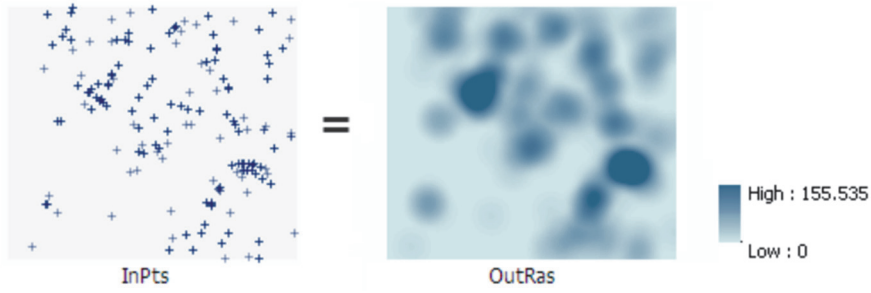


圖 2 (a) 研究區域 DEM 填補成果圖、(b) 研究區域流向成果圖、(c) 研究區域累積流量成果圖、(d) 研究區域網格計算萃取河道成果圖、(e) 研究區域次集水區萃取成果圖、(f) 研究區域反地形次集水區萃取成果圖

Fig.2 (a) Diagram of DEM filling in the study area, (b) Diagram of Flow Direction in the study area, (c) Diagram of Flow Accumulation in the study area, (d) Diagram of Raster Calculator in the study area, (e) Diagram of the Watershed in the study area, (f) Diagram of the watershed obtained by reversing DEM in the study area





資料來源: ArcGIS 官网

圖 3 核密度分析示意圖

Fig.3 Diagram of Kernel Density analysis

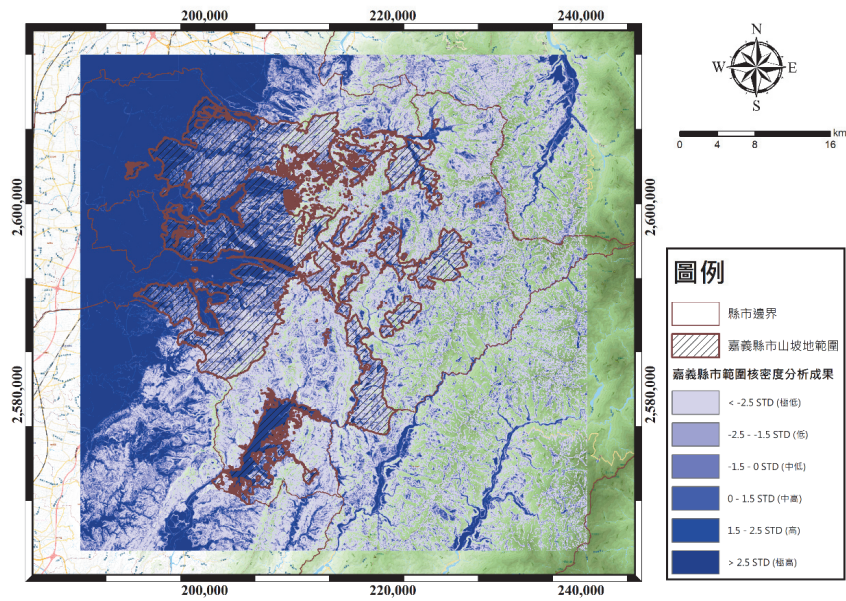


圖 4 研究區域核密度分析成果圖

Fig.4 Results of Kernel Density analysis in the study area

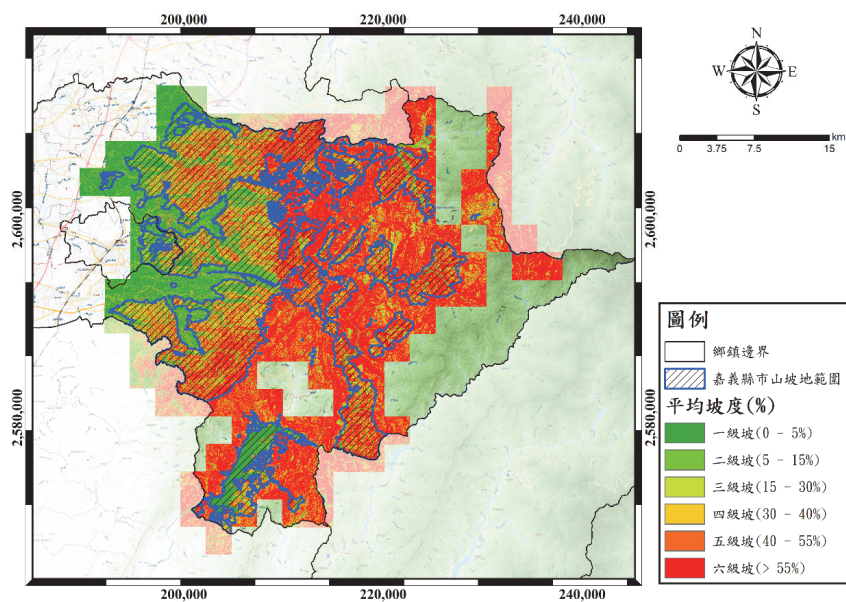


圖 5 研究區域之平均坡度成果圖

Fig.5 Diagram of Average slope in the study area



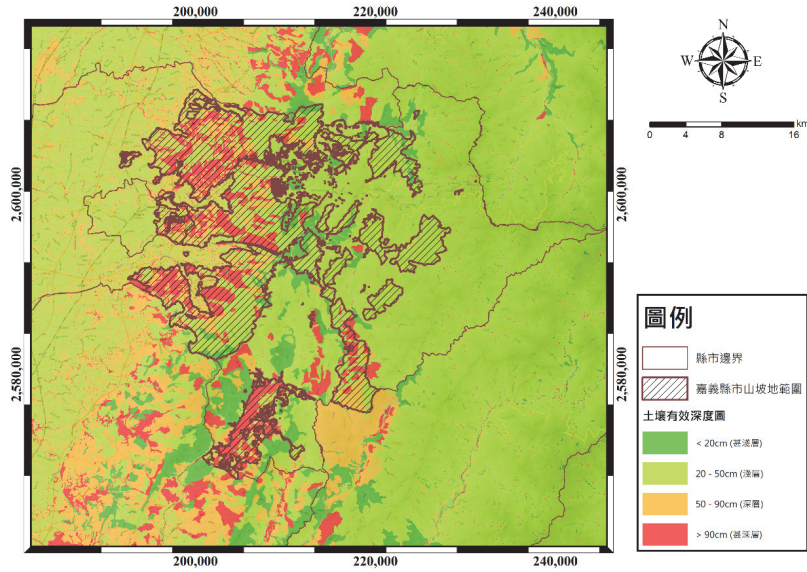


圖 6 研究區域之土壤有效深度成果圖

Fig.6 Diagram of Soil effective depth in the study area

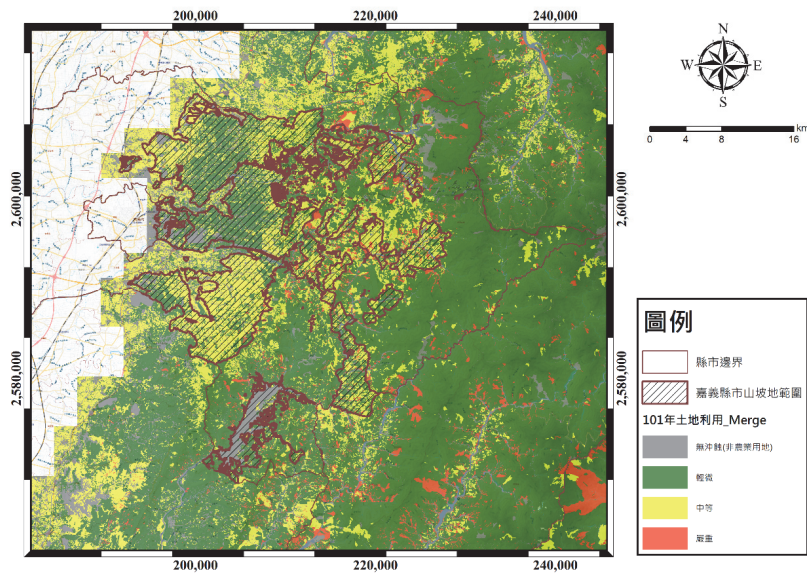


圖 7 研究區域之土壤沖蝕程度成果圖

Fig.7 Diagram of soil erosion degree in the study area

### 6. 母岩性質因子分析：

本研究採用中央地調所之岩石單壓強度圖以及水土保持局於民國 101 年、106 年建置之土地利用圖加以分析判定。岩石單壓強度為岩體工程特性之重要指標。當岩體較為完整或不連續面稀少時，岩石的強度即為岩體的強度。岩石強度的分級係參考「國際岩石力學協會」(ISRM, 1981)，並配合 Franklin(1975) 之岩體分級方法，分為 8 級，若岩石單壓強度小於 25 MPa 則可歸類為軟岩、單壓強度大於 25 MPa 則歸類為硬岩，且採用水保局民國 101 年、106 年版之土地利用加以輔助判釋母岩性質，其流程及成果如圖 8 及圖 9。

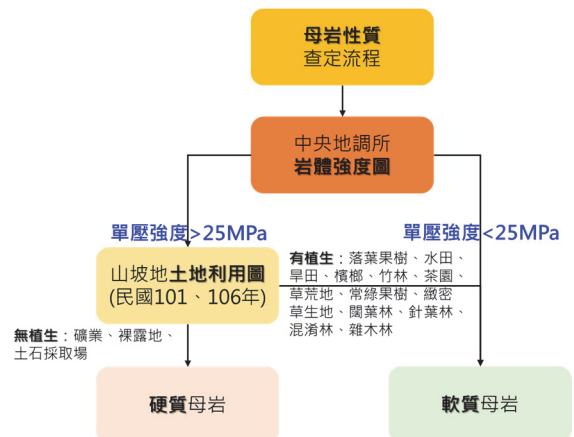


圖 8 母岩性質分析流程

Fig.8 Flow chart of parental rock

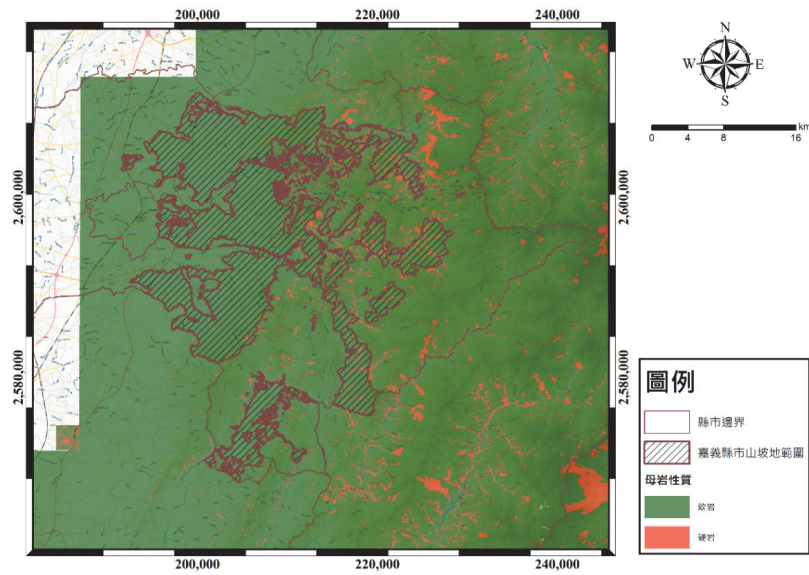


圖 9 研究區域之母岩性質成果圖

Fig.9 Diagram of parental rock in the study area

### 三、結果與討論

#### 1. 山坡地土地可利用限度分類成果：

本研究蒐集嘉義縣市之 DEM，並建立斜坡單元，作為區域概念查定之最大分析邊界，後續針對平均坡度等級三級坡以

下之範圍進行群聚分析為區域概念查定之最小邊界，餘部分方式參考水土保持局運用圖資辦理山坡地土地可利用限度查定分類作業程序進行分析，進而完成區域概念查定分級之成果圖如圖 10。

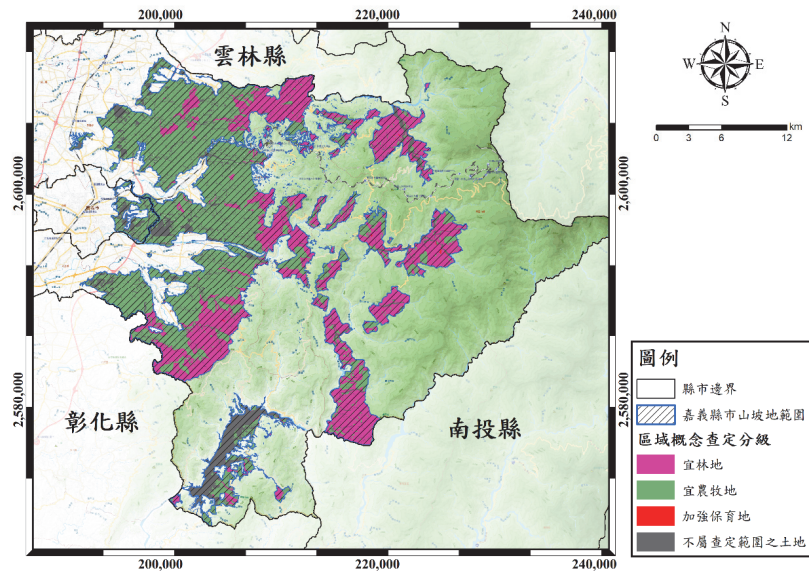


圖 10 研究區域之區域概念查定土地可利用限度分級查定分類圖

Fig.10 Diagram of limitation classification of slopland utilization with regional Concept in the study area

#### 2. 區域概念查定與現行查定之結果差異分析

本研究分析區域概念查定產製之土地可利用限度分布圖(核密度搜尋半徑  $h=50$  公尺、網格解析度 5 公尺) 與現行查定之土地可利用限度分類成果進行差異分析，得知嘉義縣市現行查定之宜林地面積共計 12,551.47 公頃，其中，有 9,651.67 公頃在套疊區域概念查定下仍為宜林地，吻合度為 76.9%，而 2,899.80 公頃則判定為宜農牧地；現行查定之宜農牧地面積共

計 26,478.48 公頃，其中，有 19,908.58 公頃在套疊區域概念查定下仍為宜農牧地，吻合度為 75.2%，6,569.91 公頃則判定為宜林地，如表 2。

#### 3. 現行查定套疊區域概念查定之成果改判閾值討論

由於區域概念查定係根據自然地形邊界劃定，必不與地籍



邊界相吻合，以致於區域概念查定成果會影響現行查定地籍所占面積比例作為改判之結果。故本研究利用單一地籍下之區域概念查定分級面積比例來作為改判閾值進行討論，若一塊地籍現行查定為宜農牧地，該地籍範圍內區域概念查定成果為宜林地之面積比例超過 50%，則將其查定成果改判為宜林地，反之，若面積不足 50% 則維持為宜農牧地；若現行查定為宜林

地者，則依照相同概念進行改判分析。以現行嘉義縣市山坡地土地可利用限度查定分類結果顯示，當現行查定為宜林地時，利用區域概念查定為宜農牧地之改判比例訂為 50% 時，共有 4,959 筆，占總宜林地筆數之 32%；當現行查定為宜農牧地時，利用區域概念查定為宜林地之改判比例訂為 70% 時，共有 11,968 筆，占總宜農牧地筆數之 15%，詳如表 3。

表 2 研究區域內區域概念查定與現行查定之比較分析表

Table 2 Comparison of regional concept verification and current verification in the study area

縣市別	現行查定	區域概念查定		面積 (公頃)			比例 (%)	
		宜林地	宜農牧地	宜林地	宜農牧地	總計	宜林地	宜農牧地
嘉義縣市	宜林地	9,651.67	2,899.80	12,551.47	76.9%	23.1%		
	宜農牧地	6,569.91	19,908.58	26,478.48	24.8%	75.2%		
	總計	16,221.57	22,808.38	39,029.95				

表 3 研究區域內現行查定在區域概念查定下不同閾值之改判比例表

Table 3 The ratio of different thresholds in the current verification under the regional concept verification

閾值比例		100 %	90 %	80 %	70 %	60 %	50 %	40 %	30 %	20 %	10 %	0 %
宜林地 (現行查定) → 宜農牧地 (區域概念查定)	筆數	4,336	4,605	4,705	4,802	4,883	4,959	5,072	5,177	5,357	5,630	15,423
	所占比例	28 %	30 %	31 %	31 %	32 %	32 %	33 %	34 %	35 %	37 %	100 %
宜農牧地 (現行查定) → 宜林地 (區域概念查定)	筆數	9,198	10,729	11,417	11,968	12,446	12,956	13,411	13,945	14,490	15,279	78,012
	所占比例	12 %	14 %	15 %	15 %	16 %	17 %	17 %	18 %	19 %	20 %	100 %

#### 四、結論與建議

本研究以具有地形邊界之斜坡單元搭配三級坡以下範圍進行核密度分析作為分析之邊界，再以區域概念查定進行山坡地土地可利用限度之分級並探討現行查定與區域概念之差異性分析，分析結論與建議如下：

1. 區域概念查定進行山坡地土地可利用限度查定分類，主要採以具地形概念之斜坡單元搭配三級坡以下範圍之核密度分析，可有效解決現行山坡地土地可利用限度查定結果過於破碎化之現象。
2. 本研究結果顯示嘉義縣市山坡地範圍內現行查定與區域概念查定之山坡地土地可利用限度分級進行差異分析，得知吻合度達約 75%。
3. 本研究透過不同閾值概念，即若為宜林地(或宜農牧地)之條件下，套疊區域概念查定成果下改判為宜農牧地(或宜林地)之各改判閾值(100%-0%)的筆數及比例等，以提供機關作為未來採用區域概念查定時，可評估對人民權益影響所造成之衝擊。
4. 以區域查定完成山坡地土地可利用限度查定成果，較能符合國土計畫整體規劃之精神，並提供區域計畫法、都市計畫法劃定使用區或編定使用地以及國土計畫法劃定國土功能分區圖之參考用，建議未來研擬區域圖資查定作業技術手冊，以訂定技術方法使其有所依循。

#### 參考文獻

- [1] 王兆文、沈哲緯、林俐玲 (2013)，「以國土保育觀點探討坡地利用合理性」，農業工程學報，59(1)，67-76。(Wang, C.W., Shen, C.W., and Lin, L.L. (2013). "A Study of Rationality of Slopeland Use in View of Land Conservation." *Journal of Taiwan Agricultural Engineering*, 59(1), 67-76. (in Chinese))
- [2] 行政院農業委員會 (1976)，「山坡地保育利用條例」。(Council of Agriculture, Executive Yuan. (1976). *Slopeland Conservation and Utilization Act; Water and Soil Conservation Act and Relevant Regulations*. (in Chinese))
- [3] 行政院農業委員會 (1977)，「山坡地保育利用條例施行細則」。(Council of Agriculture, Executive Yuan. (1977). *Enforcement Rules of Slopeland Conservation and Utilization Act; Water and Soil Conservation Act and Relevant Regulations*. (in Chinese))
- [4] 行政院農業委員會 (1995)，「山坡地土地可利用限度分類標準」。(Council of Agriculture, Executive Yuan. (1995). *Instructions on Classification of Slopeland Utilization Limitations*. (in Chinese))
- [5] 行政院農業委員會水土保持局 (2013)，「山坡地土地可利用限度查定分類標準更新研究計畫」，財團法人中興工程顧問社執行。(Soil and Water Conservation Bureau, Council of Agriculture, Executive Yuan. (2013). *The Update Research Project of Slopeland Utilization Limitations Classification*. Research Center, Sinotech Engineering Consultants. (in Chinese))

- [6] 林昭遠、陳正德、傅桂霖 (2016a), 「應用環境指標萃取荖濃溪集水區深層崩塌區位」, 水保技術, 9(5), 1-9。(Lin, C.Y., Chen, C.T., and Fu, G.L. (2016a). "Deep-seated landslide area extraction in Laonong River Watershed using environmental index." *Journal of Soil and Water Conservation Technology*, 9(5), 1-9. (in Chinese))
- [7] 林昭遠、黃文彥、黃文政 (2016b), 「集水區深層崩塌區位之推估及應用」, 水土保持學報, 48(3), 1763-1778。(Lin, C.Y., Huang W.Y., and Huang, W.C. (2016b). "Estimation and application of deep-seat landslide in a watershed." *Journal of Soil and Water Conservation*, 48(3), 1763-1778. (in Chinese))
- [8] 林家弘、蔡淑芬、林昭遠 (2016), 「來社溪集水區大規模崩塌潛勢劃定模式之建置」, 水土保持學報, 48(3), 1749-1762。(Lin, C.H., Tsai, S.F., and Lin, C.Y. (2016). "Modelling for Delineation of the Large-scale Landslide Potential in Laishe Creek Watershed." *Journal of Soil and Water Conservation*, 48(3), 1749-1762. (in Chinese))
- [9] Atalay, I. (2016). "A New approach to the land capability classification: Case study of Turkey." *Procedia Environmental Sciences*, 32, 264-274.
- [10] Ritchey, E., Ditsch, D., Pearce, B., and McGrath, J.(2003) "4-H Land Judging in Kentucky", University of Kentucky College of Agriculture, Food and Environment.
- [11] Francis, B. (2006). "Fundamentals of Land Evaluation in Nebraska." *Judging Soil and Land*. Natural Resources Conservation and Survey Division University of Nebraska.
- [12] Franklin, J.A. (1975). "Safety and Economy in Tunneling. Proc.10th can." *Rock Mech. Symp., QueensUniversity, Kingston, Canada*, 325-341.
- [13] ISRM. (1981). "Rock characterization, testing and monitoring." *International Society for Rock Mechanics, Suggested Methods*, Pergamon Press, Oxford. Brown, E.T.
- [14] Jeff, S. (2007). "Land Judging in West Virginia." West Virginia University.
- [15] Lin C.Y., Lin C.Y., and Chompuchan, C. (2017). "Risk-based models for potential large-scale landslide monitoring and management in Taiwan. Geomatics" *Natural Hazards and Risk*, 1-19.
- [16] Lin, L.L., Wang, C.W., Chiu, C.L., and Ko, Y.C. (2010). "A study of rationality of slopeland use in view of land preservation." *Paddy and Water Environment*, 9(2), 257-266.
- [17] Natural Resources Conservation Service. (2009). "Soil Evaluations in Washington State." Washington NRCS <<http://www.wa.nrcs.usda.gov>>
- [18] Wang, C.W., Shen, C.W., and Chiang, Y.H. (2017). "Classification Model of Slopeland Soil Erosion Degree in Taiwan." *Journal of Scientific and Engineering Research*, 4(7), 342-355.
- [19] Wilson, J.P., and Gallant, J.C. (2000). *Digital terrain analysis-principles and applications*, New York. John Wiley & Sons.
- [20] Xie, M., Esaki, T., and Zhou, G. (2004). "GIS-based probabilistic mapping of landslide hazard using a three-dimensional deterministic model." *Natural Hazards*, 33, 265-282.
- 
- 2020 年 04 月 16 日 收稿  
2020 年 05 月 18 日 修正  
2020 年 05 月 25 日 接受  
(本文開放討論至 2020 年 09 月 30 日)